

## Test arrangement for high-pressure injection valves

**Patent number:** DE3315503  
**Publication date:** 1984-05-03  
**Inventor:** AUGUSTIN ULRICH  
**Applicant:** DAIMLER BENZ AG  
**Classification:**  
- **international:** *F02M65/00; G01M13/00; F02M65/00; G01M13/00;*  
(IPC1-7): G01M13/00; F02M65/00  
- **europen:** F02M65/00; G01M13/00  
**Application number:** DE19833315503 19830428  
**Priority number(s):** DE19833315503 19830428

[Report a data error here](#)

### Abstract of DE3315503

The injection pressure is produced by a pressure intensifier which is acted upon on the low-pressure side by a gas accumulator, whose storage volume is rated at at least 350 times the low-pressure-side stroke volume of the pressure intensifier in order to avoid a pressure drop. A steel nitrogen cylinder is preferably used as the gas accumulator. The high-pressure-side delivery volume of the pressure intensifier is proportioned in such a way that the high-pressure injection valve to be tested can be acted upon in a uniformly spraying manner at least over a time period of about 0.4 sec. The pressure intensifier is loaded by means of a high-pressure injection pump from the high-pressure side against the force of the gas accumulator. The connection to the high-pressure injection valve to be tested is cleared or blocked via a solenoid valve. The advantages of this test arrangement lie in a space-saving construction and in energy-saving and quiet operation. Owing to the relatively prolonged injection action, significant test results can be obtained, which in addition also permit a vibration test. Prior filling of the high-pressure injection valve is not necessary.

---

Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide

⑯ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑯ Patentschrift  
⑯ DE 3315503 C1

⑯ Int. Cl. 3:  
G 01 M 13/00  
F 02 M 65/00

DE 3315503 C1

⑯ Aktenzeichen: P 33 15 503.8-52  
⑯ Anmeldetag: 28. 4. 83  
⑯ Offenlegungstag: —  
⑯ Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: 3. 5. 84

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

⑯ Patentinhaber:  
Daimler-Benz AG, 7000 Stuttgart, DE

⑯ Erfinder:  
Augustin, Ulrich, 7053 Kernen, DE

⑯ Im Prüfungsverfahren entgegengehaltene  
Druckschriften nach § 44 PatG:  
NICHTS-ERMITTELT

⑯ Testeinrichtung für Hochdruck-Einspritzventile

Die Erfindung betrifft eine Testeinrichtung für Hochdruck-Einspritzventile. Der Einspritzdruck wird von einem Druckverstärker erzeugt, der niederdruckseitig von einem Gasdruckspeicher beaufschlagt ist, dessen Speichervolumen zur Vermeidung eines Druckabfalls mindestens auf das 350fache des niederdruckseitigen Hubvolumens des Druckverstärkers bemessen ist. Vorzugsweise wird eine Stickstoffflasche aus Stahl als Gasdruckspeicher verwendet. Das hochdruckseitige Fördervolumen des Druckverstärkers ist so bemessen, daß mindestens über eine Zeitspanne von etwa 0,4 Sek. hinweg das zu testende Hochdruck-Einspritzventil gleichmäßig abspritzend beaufschlagbar ist. Der Druckverstärker wird mittels einer Hochdruck-Einspritzpumpe von der Hochdruckseite her entgegen der Kraft des Gasdruckspeichers geladen. Die Verbindung zu dem zu testenden Hochdruck-Einspritzventil wird über ein Elektromagnetventil freigegeben bzw. gesperrt. Die Vorteile dieser Testeinrichtung liegen in einem platzsparenden Aufbau und in einem energiesparenden und geräuscharmen Betrieb. Es sind dank des relativ langandauernden Einspritzvorganges gesicherte Testergebnisse erzielbar, die außerdem noch einen Schnarrest ermöglichen. Ein vorheriges Füllen des Hochdruck-Einspritzventiles ist nicht erforderlich.

DE 3315503 C1

# 33 15 503

1

## Patentansprüche:

1. Testeinrichtung für Hochdruck-Einspritzventile, mit einem Druckverstärker in Form eines Stufenkolbens, dessen dem kleineren Kolben zugeordnete Hochdruckseite über ein Ventil mit dem zu testenden Hochdruck-Einspritzventil und außerdem mit einer Füllpumpe fluidisch verbindbar ist und dessen dem größeren Kolben zugeordnete Niederdruckseite von einer Arbeitsdruckquelle fluidisch beaufschlagbar ist, gekennzeichnet durch die Kombination folgender Merkmale:

- a) das hochdruckseitige Hubvolumen des Druckverstärkers (3) ist so bemessen, daß das größte zu testende Hochdruck-Einspritzventil (1) über eine Zeitspanne von wenigstens etwa 0.4 Sek. hinweg mit einem oberhalb des Öffnungsdruckes ( $p_o$ ) des Hochdruck-Einspritzventiles (1) liegenden Druck gleichmäßig abspritzend beaufschlagbar ist; 15
- b) die Arbeitsdruckquelle ist als ständig auf den Druckverstärker einwirkender Gasdruckspeicher (11) mit einem mindestens etwa dem 350fachen Gaspeichervolumen im Vergleich zum niederdruckseitigen Hubvolumen des Druckverstärkers (3) ausgebildet; 20
- c) die Füllpumpe (7) ist als an sich bekannte Hochdruck-Einspritzpumpe ausgebildet; 25
- d) das Ventil zwischen der Hochdruckseite des Druckverstärkers (3) und dem zu testenden Hochdruck-Einspritzventil (1) ist als willkürlich betätigbares Auf-/Zu- (12) oder Umschaltventil (3) ausgebildet; 30

2. Testeinrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß als Speichergas Stickstoff verwendet ist. 35

3. Testeinrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Gasdruckspeicher (11) als übliche Gasdruckflasche, insbesondere als Stickstoffflasche, ausgebildet ist. 40

4. Testeinrichtung nach Anspruch 1, 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, daß der Druckverstärkerkolben (4) mit einer Einrichtung zur Ermittlung seiner mittleren Bewegungsgeschwindigkeit als Mengenmesser versiehen ist. 45

5. Testeinrichtung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß der Druckverstärkerkolben (4) niederdrukseitig mit einem durch das Zylindergehäuse axial dichtend hindurchgeführten Stift (14) verbunden ist, der mit einer Marke (15) beim Vorbeilauf zwei im definierten Abstand zueinander angeordnete elektrische Positionsgeber (16) aktiviert, deren Ausgang auf eine den Zeitabstand des Durchlaufes der Marke durch die Positionsgeber ermittelnde Auswerteeinheit (37) geschaltet sind, wobei der Zeitabstand ( $t_1 - t_2$ ) zumindest mittelbar als Maß für die Einspritzmenge dient. 50

6. Testeinrichtung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß der Druckverstärkerkolben (4) niederdrukseitig mit einem durch das Zylindergehäuse axial dichtend hindurchgeführten Stift (14) verbunden ist, der mit zwei Marken (15) einen in definiertener Axialposition feststehend angeordneten elektrischen Positionsgeber (16) aktiviert, dessen Ausgang auf eine den Zeitabstand des Durchlaufes der beiden Marken (15) durch den Positionsgeber (16) ermittelnde Auswerteeinheit (37) geschaltet ist, wobei 55

2

zumindest mittelbar der Zeitabstand ( $t_1 - t_2$ ) als Maß für die Einspritzmenge dient.

7. Testeinrichtung nach Anspruch 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet, daß der oder die Positionsgeber (16) als Lichtschranken und die Marken (15) als lichtundurchlässiger Körper ausgebildet ist

8. Testeinrichtung nach Anspruch 5, 6 oder 7, dadurch gekennzeichnet, daß die dem Förderbeginn des Druckverstärkers (3) zunächst liegende Kolindenzlage zwischen Marke (15) und Positionsgeber (16) gegenüber der entsprechenden Extremlage des Druckverstärkerkolbens (4) um etwa 10 bis 20% des Kolbenhubes ( $h$ ) versetzt angeordnet ist (Maß a).

9. Testeinrichtung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß der Abstand der beiden Positionsgeber (16) bzw. der beiden Marken (15) etwa 15 bis 30% des Kolbenhubes ( $h$ ) entspricht (Maß 1).

10. Testeinrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß der Verbindungskanal (17) zwischen der Hochdruckseite des Druckverstärkers (3) und dem zu testenden Hochdruck-Einspritzventil (1) von einer in der Zylinderwand des kleinen Kolbens (6) angebrachten durch ihn vor Erreichen der Kolbenendstellung übersteuerbaren Öffnung (18) ausgeht und daß fluidisch parallel zu dem Verbindungskanal (17) ein weiterer nicht vom Kolben (6) übersteuerbarer Kanal (17') vorgeschenkt ist, der eine Drossel (19) enthält.

11. Testeinrichtung nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Drossel (19) justierbar ist.

12. Testeinrichtung nach Anspruch 10 oder 11, dadurch gekennzeichnet, daß fluidisch parallel zu der Drossel (19) ein in Richtung zu dem zu testenden Hochdruck-Einspritzventil (1) sperrendes Rückschlagventil (21) angeordnet ist.

13. Testeinrichtung nach Anspruch 10, 11 oder 12, dadurch gekennzeichnet, daß die Öffnung (18) in einem solchen axialen Abstand (4) zur Kolbenendstellung angebracht ist, daß sie 5 bis 15% des Kolbenhubes ( $h$ ) vor der Kolbenendstellung vollständig übersteuert ist.

14. Testeinrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 13, dadurch gekennzeichnet, daß in der Förderleitung von der Füllpumpe (7) zur Hochdruckseite des Druckverstärkers (3) ein Wärmetauscher (9) zur Rückkühlung des Testöles angeordnet ist.

15. Testeinrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 15, dadurch gekennzeichnet, daß im Verbindungskanal (17) zwischen der Hochdruckseite des Druckverstärkers (3) und dem zu testenden Hochdruck-Einspritzventil (1) ein Temperatursensor (22) angebracht ist.

16. Testeinrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 15, insbesondere nach einem der Ansprüche 10 bis 15, dadurch gekennzeichnet, daß an dem Verbindungskanal (17) zwischen der Hochdruckseite des Druckverstärkers (3) und dem zu testenden Hochdruck-Einspritzventil (1), vorzugsweise in Strömungsrichtung hinter dem Auf-/Zu-Ventil (12) fluidisch ein trägeheitsfrei arbeitender, ein elektrisches Ausgangssignal erzeugender Drucksensor (23) angeschlossen ist.

17. Testeinrichtung nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, daß der Drucksensor (23) an eine bei Druckschwankungen die obere ( $p_o$ ) und die untere Druckgrenze ( $p_u$ ) und die Druckschwankungsfrequenz feststellende Auswerteeinheit (24) angeschlossen ist.

18. Testeinrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 17, dadurch gekennzeichnet, daß an den Verbin-

dungskanal (17) zwischen Hochdruckseite des Druckverstärkers (3) und dem zu testenden Hochdruck-Einspritzventil (1), vom Druckverstärker (3) aus gesehen vorzugsweise fluidisch vor dem Auf-/Zu-Ventil (12) ein Speicherraum (25) vorgesehen ist.

19. Testeinrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 18, dadurch gekennzeichnet, daß am Verbindungs-kanal (17) zwischen Druckverstärker (3) und dem zu testenden Hochdruck-Einspritzventil (1) ein in dessen Anschlußstutzen (2) einsetzbares Mundstück (26) angeordnet ist und daß zwischen Mundstück (26) und dem zu testenden Hochdruck-Einspritzventil (1) eine parallel zur Mundstückachse gerichtete Relativbeweglichkeit und eine entsprechende Anpreßvorrichtung (Anpreßkolben 30) vorgesehen ist.

20. Testeinrichtung nach Anspruch 19, dadurch gekennzeichnet, daß der Druckverstärker (3) und das Auf-/Zu-Ventil (12) mit dem Mundstück (26) zu einer mit beweglichen nach außen führenden Verbindungsleitungen versehenen starren Baueinheit (27) verbunden sind, die auf einem wenigstens mittelbar das zu testende Hochdruck-Einspritzventil (1) axial feststehend halternden Tragkörper (28) axial beweglich geführt (Führung 29) und durch einen fluidisch beaufschlagbaren Arbeitskolben (30) als Anpreßvorrichtung axial auf den Anschlußstutzen (2) anpreßbar ist.

21. Testeinrichtung nach Anspruch 19 oder 20, dadurch gekennzeichnet, daß das Mundstück (26) aus Kunststoff besteht.

22. Testeinrichtung nach Anspruch 19, 20 oder 21, dadurch gekennzeichnet, daß das zu testende Hochdruck-Einspritzventil (1) in eine Halterung (31) einsetzbar ist, die um eine zur Richtung der Relativbeweglichkeit quer liegende Achse (32) schwenkbar ist

Die Erfindung betrifft eine Testeinrichtung für Hochdruck-Einspritzventile nach dem Oberbegriff von Anspruch 1, wie sie beispielsweise aus der DE-OS 26 42 009 als bekannt hervorgeht.

Bei der bekannten Testeinrichtung ist der große Kolben des Stufenkolbens des Druckverstärkers beidseitig wechselweise aufgrund eines Umschaltventils von einer Hydraulikpumpe aus beaufschlagbar. Der Druckverstärker führt nacheinander mehrere Hüpfe aus und die Hochdruckseite wirkt dabei gewissermaßen als Kolbenpumpe. Zwar braucht diese solcherart gebildete Kolbenpumpe zum Füllen sich das Testöl nicht selber anzusaugen, sondern es wird ihr von einer Füllpumpe unter Druck zugeführt. Jedoch ist die Förderhöhe dieser Füllpumpe nur relativ klein, zumindest aber wesentlich niedriger als der Öffnungsdruck der zu testenden Hochdruck-Einspritzventile. Auch ist das Fördervolumen der durch den Druckverstärker gebildeten Kolbenpumpe je Kolbenhub nur relativ klein, so daß für die Testung eines Hochdruck-Einspritzventiles mehrere Kolbenhübe nacheinander durchgeführt werden müssen. Es ist also mit der bekannten Testeinrichtung nur ein intermittierender Test möglich. Die Übergangsphasen zu Beginn und zu Ende eines jeden einzelnen Einspritzvorganges nehmen dabei zeitlich einen relativ großen Anteil der gesamten Einspritzzeit in Anspruch, so daß dadurch keine verlässlichen Aussagen über das Spritzverhalten des Hochdruck-Einspritzventiles innerhalb der stationären Phase gemacht werden können.

Zwar wäre es denkbar, dem Druckverstärker hochdruckseitig ein größeres Hubvolumen zu geben, um somit länger andauernde Einspritzvorgänge zu erzeugen. Hierbei ist jedoch zu bedenken, daß die Einspritzvorgänge sehr viel Leistung verbrauchen, die beim Motorbetrieb der Hochdruck-Einspritzventile lediglich deswegen nicht so sehr ins Gewicht fallen, weil sie sich nur über einen sehr kurzen Zeitraum erstrecken. Jeder Einspritzvorgang erfordert kurzfristig unter Einrechnung aller Verlustleistungen etwa eine Primärleistung von 30 kw. Wenn diese Leistung über einen wesentlich längeren Zeitraum als die im Motorbetrieb üblichen kurzzzeitigen Einspritzvorgänge aufgebracht werden muß, so sind ganz erhebliche Antriebsleistungen und dementsprechende Investitionskosten aufzuwenden. Es kommt hinzu, daß das zu testende Hochdruck-Einspritzventil während der Testzeit mit einem absolut pulsationsfrei und zeitlich konstant anstehenden Druck beaufschlagt werden soll, was bei einer Beaufschlagung des Druckverstärkers seitens einer Hydraulikpumpe nur mit unvertretbarem großem Aufwand sichergestellt werden könnte.

Aufgabe der Erfindung ist es, die bekannte Testeinrichtung für Hochdruck-Einspritzventile dahingehend auszustalten, daß der Druckverstärker über eine relativ große Einspritzzeit hinweg mit einem konstanten und pulsationsfrei wirkenden Druck beaufschlagt werden kann; die zu testenden Hochdruck-Einspritzventile sollen ohne Vorfüllung in einem Vorgang abschließend getestet werden können. Andererseits soll die Testeinrichtung klein, billig und möglichst geräuscharm arbeiten und energiesparend antreibbar sein.

Diese Aufgabe wird erfundungsgemäß durch die kennzeichnenden Merkmale von Anspruch 1 gelöst. Aufgrund einer ausreichend großen Bemessung des hochdruckseitigen Hubvolumens des Druckverstärkers kann eine ausreichend lange Einspritzzeit aufrechterhalten werden; dies entspricht etwa dem 100 bis 200fachen der maximalen Einspritzmenge eines Hochdruck-Einspritzventiles während des Motorbetriebes. Entsprechend dem Übersetzungsverhältnis des Druckverstärkers ist selbstverständlich auch das niederdruckseitige Hubvolumen des Druckverstärkers zu bemessen. Um den über den gesamten Testzyklus hinweg gleichbleibend hohen Arbeitsdruck auf der Niederdruckseite des Druckverstärkers zu bekommen, ist ein entsprechend groß bemessener Gasdruckspeicher vorgesehen. Der Speicherdruck wirkt ständig auf den Druckverstärker ein; es ist also kein Steuer- oder Schaltventil zwischengeschaltet. Vielmehr erfolgt das Zurückfahren des Stufenkolbens und das Freigeben des Druckverstärkers bei Testbeginn auf der Hochdruckseite. Als Füllpumpe ist demgemäß eine an sich bekannte Hochdruck-Einspritzpumpe vorgesehen, die über eine relativ lange Zeit hinweg das hochdruckseitige Fördervolumen des Druckverstärkers entgegen der Kraft des Gasdruckspeichers auffüllt. Da sich der Füllvorgang über eine relativ lange Zeit – mehrere Sekunden – hinweg erstreckt, ist die dafür benötigte Leistung nur relativ gering.

Zweckmäßige Ausgestaltungen der Testeinrichtung können den Unteransprüchen entnommen werden. Außerdem ist die Erfindung anhand eines in den Zeichnungen dargestellten Ausführungsbeispiels nachfolgend noch erläutert; dabei zeigt

Fig. 1 eine schematische Übersicht über eine Testeinrichtung für Hochdruck-Einspritzventile mit den Peripheriegeräten,

Fig. 2 den Kernteil der Testeinrichtung mit Druckverstärker, Magnetventil und dem zu testenden Hochdruck-

**Einspritzventil.**

Fig. 3 den Testzyklus für ein einwandfreies Hochdruck-Einspritzventil und

Fig. 4 Testzyklen für nicht einwandfreie Hochdruck-Einspritzventile.

Vor einer Schilderung des Übersichtsschemas nach Fig. 1 sei zunächst auf den Aufbau des in Fig. 2 dargestellten Kernstücks der Testeinrichtung näher eingegangen.

Diese Kernelnrichtung umfaßt zunächst einen Druckverstärker 3, der einen Stufenkolben 4 in einem Zylindergehäuse mit einem großen Kolben 5 und einem kleinen Kolben 6 umfaßt. Der kleine Kolben mit dem Durchmesser  $d$  ist der Hochdruckseite und der große Kolben 5 mit dem Durchmesser  $D$  ist der Niederdruckseite des Druckverstärkers zugeordnet. Beide Kolben 5 und 6 führen den gleichen Kolbenhub  $h$  aus, wodurch sich unter Berücksichtigung der jeweiligen Kolbenflächen das Hubvolumen auf der Niederdruckseite bzw. auf der Hochdruckseite ergibt. Das hochdruckseitige Hubvolumen ist so bemessen, daß das größte zu testende Hochdruck-Einspritzventil über eine Zeitspanne von wenigstens etwa 0.4 Sek. hinweg mit einem oberhalb des Öffnungsdruckes liegenden Druck gleichmäßig abspritzend beaufschlagbar ist. Ein Hubvolumen von etwa 30 cm<sup>3</sup> würde hinsichtlich Hochdruck-Einspritzventilen, wie sie in PKW- oder LKW-Motoren verwendet werden, ausreichen. Dieses Volumen entspricht etwa dem 100 bis 200fachen der im Motorbetrieb maximal auftretenden Einspritzmenge der Hochdruck-Einspritzventile. Entsprechend dem Übersetzungsverhältnis des Druckverstärkers 3 ist das niederdruckseitige Hubvolumen entsprechend größer. Bei einem Übersetzungsverhältnis von 1:4 ergibt sich demgemäß bei 30 cm<sup>3</sup> hochdruckseitigem Hubvolumen ein niederdruckseitiges Hubvolumen von 0.12 Ltr.

Hochdruckseitig ist an den Druckverstärker 3 ein Auf-/Zu-Ventil 12 bzw. dessen Ventilkörper angeschlossen, welches mit einem Elektromagneten 13 versehen ist, zu seiner Betätigung. Das Auf-/Zu-Ventil 12 und der Druckverstärker 3 sind starr miteinander verbunden und bilden zusammen eine Baueinheit 27. Der Unterteil des Druckverstärkers 3 weist einen definiert bearbeiteten zylindrischen oder präsmatischen Hals auf, der axialbeweglich in eine Führung 29 eingreift. Die Führung 29 ist ihrerseits auf einem Tragkörper 28 befestigt. Dadurch kann die Baueinheit 27 einen definierten Relativhub in Längsrichtung gegenüber dem Tragkörper ausführen. Selbstverständlich sind die Zuleitungen bzw. nach außen führenden Verbindungsleitungen an der Baueinheit als flexible und entsprechend druckfeste Schlauchleitungen ausgeführt, die diese Bewegungsmöglichkeit nicht behindern. Auf der Unterseite des Ventilkörpers des Auf-/Zu-Ventiles 12 ist noch ein Mundstück 26 befestigt, dessen Achse parallel zu der Bewegungsrichtung der erwähnten Relativbewegung ausgerichtet ist.

Im Innern des halsförmigen unteren Teiles des Druckverstärkers 3 sind verschiedene Verbindungskanäle 17 bzw. 17' angebracht, die ineinander übergehen und im wesentlichen fluidisch zueinander parallel liegen. Sie können durch das Auf/Zu-Ventil 12 verschlossen (Ruhestellung) bzw. freigegeben werden. Die Verbindungskanäle setzen sich im Übrigen in dem Mundstück 26 fluidisch fort, welches auf das zu testende Einspritzventil 1 bzw. dessen Anschlußstutzen 2 dichtend aufsetzbar ist. Um ein dichtendes Aufsetzen des Mundstückes sicherzustellen, ist es als ganzes oder zumindest im Bereich des in den Anschlußstutzen 2 einsetzbaren kegeligen Hohlzapfens aus Kunststoff gebildet, der sich dichtend an die

entsprechenden konischen Gegenflächen des Anschlußstutzens anlegt.

Das zu testende Hochdruck-Einspritzventil 1 selber ist ebenfalls auf dem Tragkörper 28, und zwar axial unnachgiebig gehalten. Es ist lose in eine dem jeweiligen Hochdruck-Einspritzventil angepaßte Halterung 31 axial eingesetzt. Um dieses Einsetzen zu erleichtern, ist die Halterung 31 über eine Schwenkachse 32 schwenkbar, wobei die Schwenkachse quer zur Richtung der Beweglichkeit der Baueinheit 27 liegt. Die Baueinheit 27 und mit ihr das Mundstück 26 können durch eine Anpreßvorrichtung in Form eines Arbeitskolbens 30 axial mit einer entsprechenden Anpreßkraft beaufschlagt werden, die das Mundstück 26 so fest in den Anschlußstutzen 2 des zu testenden Hochdruck-Einspritzventils 1 einpreßt, daß trotz der hohen auftretenden Testdrücke die Verbindung nicht nur dicht ist, sondern auch im axial angepreßten Zustand knickstief; deswegen ist die schwenkbare Aufhängung der Halterung 31 unschädlich. Im übrigen kann dank der axialbeweglichen Führung der Baueinheit 27 das Mundstück 26 ohnehin nicht seitlich ausweichen. Aufgrund dieser fluidischen »Steckverbindung« zwischen Baueinheit 27 und dem zu testenden Hochdruck-Einspritzventil kann letzteres sehr schnell in die Testeinrichtung eingesetzt und fluidisch darin dicht angeschlossen werden, was den Testvorgang stark beschleunigt. Insbesondere die Möglichkeit, die Halterung 31 seitlich wegzuwischen, erleichtert das Einsetzen trotz eines nur geringen Axialhubes der Baueinheit 27. Dadurch baut die ganze Einrichtung kürzer, als wenn der Anpreßhub sich über die gesamte Einsetzstiefe des Hochdruck-Einspritzventiles in die Halterung 31 erstrecken müßte. Auch ist dank des kurzen Anpreßhubes der Fluidverbrauch für den Anpreßkolben 30 und der entsprechende Energieverbrauch geringer.

Die Düse des zu testenden Hochdruck-Einspritzventils ist von einem Auffangraum 33 umgeben, der das abgespritzte Testöl in einen Tank 34 zurückleitet.

Von den beiden erwähnten Verbindungskanälen zwischen der Hochdruckseite des Druckverstärkers 3 und dem zu testenden Hochdruck-Einspritzventil geht ein Verbindungskanal 17 von einer in der Zylinderwand des kleinen Kolbens 6 angebrachten Übersteuerbaren Öffnung 18 aus; dieser Verbindungskanal 17 geht – abgesehen von dem Auf-/Zu-Ventil – ungedrosselt in das Mundstück 26 und somit in das zu testende Hochdruck-Einspritzventil 1 über. Fluidisch parallel zu diesem Verbindungskanal 17 ist ein weiterer Verbindungskanal 17' vorgesehen, der von der Stirnseite des hochdruckseitigen Arbeitsraumes 50 ausgeht und demgemäß durch den kleinen Kolben 6 nicht übersteuert werden kann. Dieser weitere Verbindungskanal 17' enthält eine Drossel 19, die durch eine kleine querliegende Kapillarbohrung gebildet ist. Die Drossel 19 ist überdies durch eine Einstellschraube 20, die mit einer Nadel in die Drosselbohrung hineinreicht, in ihrer Drosselwirkung einstellbar. Da – wie weiter unten noch näher erläutert wird – der Füllvorgang des Druckverstärkers entgegen der Kraft des Arbeitsdruckspeichers hochdruckseitig durch eine entsprechende leistungsfähige Pumpe erfolgt, dieser Füllvorgang aber auch in dem ersten Abschnitt ungedrosselt erfolgen soll, ist fluidisch parallel zu der Drossel 19 ein Rückschlagventil 21 vorgesehen, welches in Füllrichtung öffnet und welches in Abspritzrichtung sperrt. Auf die Bedeutung des ungedrosselten von der Übersteuerbaren Seitenöffnung 18 ausgehenden Verbindungskanals 17 zum einen und des gedrosselten Kanals 17' zum anderen sei weiter unten noch näher eingegangen; an dieser Stelle sei lediglich

erwähnt, daß die Übersteuerbare Seitenöffnung von der Kolbenendstellung den Abstand *A* hat, der etwa 5 bis 15% des Kolbenhubes *a* entspricht. Das nach Übersteuerung der Seitenöffnung 18 noch im hochdruckseitigen Förderraum des kleinen Kolbens 6 befindliche Volumen an Testöl entspricht demgemäß etwa 5 bis 15% des gesamten Hubvolumens. Nach Übersteuerung der Seitenöffnung 18 kann das Testöl nur noch über den Kanal 17', d. h. gedrosselt mit einem definierten Volumenstrom dem Hochdruck-Einspritzventil 1 zugeführt werden. Dieser Volumenstrom und demgemäß die Wirkung der Drossel 19 ist so gewählt bzw. justiert, daß das zu testende Hochdruck-Einspritzventil zum Schnarren kommt. Die nach Übersteuerung der Seitenöffnung 18 verbleibende Restmenge des Fördervolumens wird also für einen Schnarrest verwendet. In diesem Zusammenhang sei auch noch auf den Speicherraum 25 verwiesen, der in dem Teil des Verbindungskanals angebracht ist, der beiden Verbindungskanälen 17 bzw. 17' gemeinsam ist; es handelt sich um einen sogenannten Schnarrspeicher, dessen Volumen so gewählt ist, daß eine gewisse Elastizität zwischen dem zu testenden Hochdruck-Einspritzventil zum einen und der Stirnfläche des kleinen Kolbens 6 zum anderen zustande kommt. Im Innern dieses Speicherraumes ist außerdem ein Thermoelement als Temperatursensor 22 zur trüghetsarmen und seinfühligen Temperaturermittlung des Testöles angeordnet. Das beim Füllvorgang einströmende Testöl streicht an diesem Temperatursensor vorbei. Eine Temperaturüberwachung des Testöles ist erforderlich, um reproduzierbare Testbedingungen einhalten zu können. Wegen der Notwendigkeit, die Temperaturmessung nicht nur ablaufend, sondern auch zulaufend messen zu können, ist der Temperatursensor – vom Druckverstärker 3 aus gesehen – flüssig vor dem Auf-/Zu-Ventil 12 angeordnet. Um die Temperatur des Testöles nicht nur erfassen, sondern auch beeinflussen zu können, ist in der Förderleitung von der Füllpumpe 7 zur Hochdruckseite des Druckverstärkers 3 ein Wärmetauscher 9 angebracht. Durch viele Tests verschiedener nacheinander eingesetzten Hochdruck-Einspritzventile wird das in der Testeinrichtung befindliche Öl ständig zirkuliert und allmählich aufgeheizt. Die durch die Einspritzvorgänge aufgebrachte Energie wird darin praktisch in Wärme umgesetzt. Der Wärmetauscher 9 dient daher in erster Linie dazu, das Testöl auf Testbedingungen zurückzukühlen. Es handelt sich dabei zweckmäßigerverweise um einen gesteuert mit Kühlwasser beaufschlagbaren Flüssig/Flüssig-Wärmetauscher.

Zur Erfassung der an dem zu testenden Hochdruck-Einspritzventil 1 abgespritzten Menge ist der Druckverstärker 3 mit einer Geschwindigkeitsmeßvorrichtung versehen. Die Bewegungsgeschwindigkeit des Stufenkolbens gibt Aufschluß über die abgespritzte Menge. Beim dargestellten Ausführungsbeispiel ist der Stufenkolben 4 niederdruckseitig mit einem durch das Zylindergehäuse axial dichtend hindurchgeführten Stift 14 verbunden, der mit zwei Marken 15 versehen ist. Außerdem ist in einer definierten Axialposition feststehend eine elektrischer Positionsgeber 16 angeordnet, dessen Ausgang auf eine den Zeitabstand des Durchlaufes der beiden Marken 15 durch den Positionsgeber ermittelnde Auswerteinheit 37 geschaltet ist. Der Positionsgeber kann als eine Lichtschranke ausgebildet sein; die beiden Marken 15 werden demgemäß als lichtundurchlässige Körper ausgebildet. Es wäre auch eine Variante mit nur einer Marke 15 an dem Stift 14 und zwei in definiertem Abstand zueinander angebrachte Positionsgeber denkbar. Durch die ge-

schilderte Geschwindigkeitsmeßeinrichtung wird ein bestimmter Teilhub des Stufenkolbens 4 erfaßt; die Auswerteinheit 37 ermittelt dazu die zugehörige Laufzeit, aus der dann die Menge errechnet werden kann. Für diese Messung ist bewußt ein gewisser Teilhub des Kolbens herausgegriffen worden, dessen Beginn gegenüber dem Förderbeginn und dessen Ende gegenüber dem Hubende einen gewissen Abstand aufweist. Weil sich bei jedem Testhub das zu testende Hochdruck-Einspritzventil zunächst erst füllen muß, dieser Füllvorgang aber mit unkontrollierten Druckanstiegen und Druckschwankungen verbunden ist, ist der Beginn des Meßhubes – es handelt sich dabei um die den Förderbeginn des Druckverstärkers zunächst liegende Kolinzidenzlage zwischen Marke und Positionsgeber – gegenüber der entsprechenden Extremlage des Druckverstärkerkolbens um etwa 10 bis 20% des Kolbenhubes *h* versetzt gewählt. Dieses Versatzmaß *a* gegenüber dem Förderbeginn bzw. das entsprechende Fördervolumen und die zugehörige Förderzeit entsprechen der Füllzeit des zu testenden Hochdruck-Einspritzventiles einschließlich der Abklingzeit für Druckschwankungen. Der eigentliche Meßhub ist lediglich auf etwa 15 bis 30% des Kolbenhubes beschränkt; diese Meßstrecke reicht aus, um ein sicheres Mengensignal ermitteln bzw. errechnen zu können. Außerdem verbleibt dabei noch ein genügender Sicherheitsabstand bis zur Übersteuerung der Seitenöffnung 18.

Das niederdruckseitige Hubvolumen des Druckverstärkers 3 ergibt sich zwangsläufig aus dem hochdruckseitigen Fördervolumen zum einen und aus dem geforderten Übersetzungsverhältnis des Druckverstärkers. Bei einem hochdruckseitigen Fördervolumen von 30 ccm und einem Übersetzungsverhältnis von 1 : 4 ergibt sich damit ein überdruckseitiges Hubvolumen von 0,12 Ltr. Um trotz dieser Volumenänderung den großen Kolben mit einer innerhalb ausreichender Grenzen gleichbleibende und pulsationsfreie Druckkraft beaufschlagen zu können, ist der Druckverstärker niederdruckseitig an einen ausreichend groß bemessenen Gasdruckspeicher angeschlossen. Und zwar ist beim dargestellten Ausführungsbeispiel eine Gasdruckflasche aus Stahl vorgesehen, die bei einer standardisierten genormten Ausführung einen Inhalt von 51 Ltr hat. Dadurch ergibt sich ein Volumenverhältnis von niederdruckseitigem Hubvolumen zu Speichervolumen von etwa 425, einem Verhältniswert, der über 350 liegt. Im Verhältnis der Volumina ändern sich auch die Drücke zu Beginn und am Ende des Kolbenhubes; d. h. die Druckdifferenz beträgt ebenfalls höchstens den 350sten Teil des Ausgangsdruckes. Eine solche kleine Druckänderung ist ohne weiteres tolerierbar. Da der Gasdruck sehr hoch ist und sehr lange ansteht, ist als Speichermedium zur Vermeidung von Korrosionserscheinungen ein billiges, sich inert verhaltendes Gas, nämlich Stickstoff, gewählt worden, welches in einer Stickstoffflasche als Gasspeicher 11 enthalten ist. In der Verbindungsleitung zwischen der Niederdruckseite des Druckverstärkers und dem Gasdruckspeicher 11 ist keinerlei Ventil angeordnet; zumindest ist dort nicht ein solches Ventil angeordnet, welches bei jedem Testzyklus betätigt werden müßte. Vielmehr steht der Speicherdruck ständig an der Oberseite des großen Kolbens 5 des Druckverstärkers 3 an. Zur noch besseren Abdichtung des großen Kolbens gegenüber der Zylinderwandung und zur Schmierung ist oberseitig in den Druckverstärker eine kleine Menge an Dichtflüssigkeit eingefüllt, die zweckmäßigerverweise ein dünnes Öl sein kann. Die Unterseite des großen Kolbens 5 ist in die Atmosphäre entlüftet. Die geschilderte Anordnung einer ständigen

Beaufschlagung der Oberseite des großen Kolbens ist vergleichbar mit einer ständig auf ihn einwirkenden Feder mit sehr hoher Kraft aber nur extrem geringer hubabhängiger Kraftänderung. Im Übrigen ist die Kraft bzw. der Speicherdruck einstellbar bzw. vorwählbar. Indem man den Gasspeicher nur auf einen vorgewählten Druck auflädt.

Die hochdruckseitige Füllung des Druckverstärkers erfolgt entgegen der Kraft des Gasdruckspeichers bei vollem Arbeitsdruck. Da jedoch für diesen Füllvorgang 10 genügend Zeit zur Verfügung steht, ist zum Füllen nur eine relativ kleine Leistung erforderlich. Der Füllvorgang erstreckt sich über wenige Sekunden hinweg. Eine geeignete im Druckniveau ausreichend hohe Füllpumpe ist eine an sich bekannte Hochdruck-Einspritzpumpe, wie sie für den Betrieb von Dieselmotoren verwendet werden. Die einzelnen Förderstempel dieser Füllpumpe 7 sind bei den in Fig. 1 dargestellten Ausführungsbeispielen alle parallel auf ein Sammelfrohr 8 geschaltet, von dem aus die Füllleitung über den bereits erwähnten Wärmetauscher 9 auf die Hochdruckseite des Druckverstärkers geschaltet ist. Beispielsweise kann die Zuleitung über den Speicherraum 25 erfolgen. Die Hochdruck-Einspritzpumpe wird von einem Antriebsmotor 10 aus angetrieben, der bedarfswise kurzfristig einschaltbar ist. Bei mehreren Tests hintereinander kann er auch durchlaufen; die Hochdruck-Einspritzpumpe 7 kann nämlich auch so umgebaut werden, daß mittels der Regelstange 35 eine Nullförderung eingestellt werden kann. Diese Regelstange 35 kann mit einem magnetischen Stellglied 36, 30 welches seinerseits von einem Netzgerät 38 aus mit elektrischer Energie versorgt werden kann, in eine Förderstellung und in eine Nullstellung verschoben werden. Nach vollendeter Füllung des hochdruckseitigen Hubvolumens des Druckverstärkers durch die Füllpumpe kehrt die Regelstange sofort wieder in die Nullstellung zurück. Zur Entlastung des Druckverstärkers vor Überfüllung ist im Bereich des Förderbeginns – bei Füllung am Hubende – ein Sicherheitsauslaß 42 angebracht, wo Überfüllvolumina abgespritzt werden können. Dieses Überdruckventil kann mit einem Druckwächterschalter kombiniert sein, welches bei Überschreiten des Fülldruckes selbsttätig eine Rückkehr der Regelstange 35 in die Nullstellung veranlaßt.

Die bisherige Schilderung geht von einer Ausgestaltung des willkürlich betätigbaren Ventiles 12 als Auf-/Zu-Ventil aus, bei dem die Hochdruck-Einspritzpumpe 7 flüssig ständig an die Hochdruckseite des Druckverstärkers angeschlossen ist. Um jedoch die Hochdruck-Einspritzpumpe 7 während des Testes flüssig von der Testeinrichtung trennen und etwa von der Pumpe ausgehende Druckpulsationen von der Testeinrichtung fernhalten zu können, kann das willkürlich betätigbare Ventil auch als Umschaltventil ausgebildet sein. In seiner Ruhestellung verbindet es die Hochdruck-Einspritzpumpe 7 mit dem Druckverstärker 3, wobei der zum Mundstück 26 weiterführende Kanal verschlossen ist; in der Arbeitsstellung des Umschaltventiles ist die Hochdruckseite des Druckverstärkers flüssig auf das zu testende Hochdruck-Einspritzventil 1 bzw. auf das Mundstück 26 durchgeschaltet und die Verbindung zur Hochdruck-Einspritzpumpe 7 getrennt. Bei dieser Ausgestaltung des willkürlich betätigbaren Ventiles als Umschaltventil müßte allerdings die Hochdruck-Einspritzpumpe 7 – in Abspritz-Strömungsrichtung gesehen – stromab vom Ventilschieber flüssig angeschlossen sein.

Außer der Mengenermittlung ist auch noch der Druckverlauf während des Einspritzvorganges und insbeson-

dere während des Schnarrestes von Interesse. Aus diesem Grunde ist möglichst ventilanah ein Drucksensor an dem Verbindungskanal zwischen Druckverstärker und dem zu testenden Hochdruck-Einspritzventil angeordnet; beim dargestellten Ausführungsbeispiel ist der Drucksensor 23 am Mundstück 26 angeordnet. Es handelt sich dabei um einen trägefrei arbeitenden elektrischen Druckgeber, dessen Ausgänge auf eine Auswerteinheit 24 geschaltet sind. Von diesem ist ein Drucker 39 aus ansteuerbar, in welchem ein trägearmer Druckaufschrieb aufgezeichnet werden kann.

Durch die Temperaturmessungen und die gezielte Rückkühlung des Testöles können zwar weitgehend gleichbleibende Testbedingungen eingehalten werden, jedoch ist dennoch mit einem gewissen Temperaturspielraum zu rechnen. Um gleichwohl zu ohne weiteres vergleichbaren Testaussagen zu gelangen, ist die Auswerteinheit so ausgestaltet und programmiert, daß sie aus der tatsächlichen Ausflußvolumina auf normierte Werte zurückrechnet. Über die Temperatur des Testöles ändert dieses nämlich nicht nur seine Viskosität, sondern auch seine Masse je Volumeneinheit. Die erzielten Testwerte werden rechnerisch so korrigiert, als wären sie mit einem genau normgerecht temperierten Testöl gewonnen. In die rechnerische Korrektur geht auch über die Torricellische Ausflußgleichung der Druck mit ein, so daß auch der jeweilige Testdruck mit in die Korrekturrechnung einbezogen wird.

Von dem Netzgerät 38 ist nicht nur – über das magnetische Stellglied 36 – die Regelstange 35 betätigbar, sondern außerdem das mehrfach erwähnte als Magnetventil ausgebildete Auf-/Zu-Ventil 12. Ferner wird ein weiteres Magnetventil 41 von dem Netzgerät 38 versorgt, welches in der Fluidzufuhr von einer Druckquelle 40 zu dem Arbeitskolben 30 liegt, der als Anpreßvorrichtung für die Baueinheit 27 bzw. das Mundstück 26 auf das zu testende Hochdruck-Einspritzventil dient. In der Ruhestellung des Magnetventils 41 ist die Baueinheit 27 bzw. das Mundstück 26 abgehoben; lediglich in der erregten Arbeitsstellung ist die Oberseite des Arbeitskolbens beaufschlagt und das Mundstück angepreßt.

Zur Inbetriebnahme der Testeinrichtung wird – nachdem ein zu testendes Hochdruck-Einspritzventil in die Halterung 31 eingesetzt und das Ventil gleichachsig zum Mundstück 26 eingeschwenkt ist – zunächst aufgrund einer Betätigung des Magnetventils 41 und einer Beaufschlagung des Arbeitskolbens 30 im Abwärtssinne das Mundstück 26 auf den Anschlußstutzen 2 des Hochdruck-Einspritzventiles aufgesetzt und dort dichtend angepreßt. Sofern noch nicht geschehen, wird nun der Druckverstärker 3 hochdruckseitig in der geschilderten Weise gefüllt durch Betätigen des magnetischen Stellgliedes 36. Der gewissermaßen als Speicher anzusehende Druckverstärker ist damit geladen und bereit für einen Testschuß, der sich – wie gesagt – über etwa eine halbe Sekunde hinweg erstreckt. Dieser Einspritztest kann über das elektromagnetisch betätigbare Auf-/Zu-Ventil 12 freigegeben werden. Verläufe für derartige Testschüsse sind in den Fig. 3 und 4 dargestellt.

Aufgrund der geschilderten Ausgestaltung der Testeinrichtung unterteilt sich ein Test in insgesamt drei Phasen, nämlich einer Füllphase I mit zunächst druckfrei, aber dann steilansteigendem Druckverlauf, der nach einer gewissen Ausschwingphase in einen gleichbleibend hohen Druckverlauf übergeht. Hieran schließt sich die Phase II konstanten Druckes an, in der die Mengenmessung durchgeführt wird. Oberhalb der Druckverlaufskurve ist das Lichtschrankensignal mit den Zeitpunkten

# 33 15 503

11

$t_1$  und  $t_2$  eingezeichnet. Dieses Zeitintervall benötigt der Stufenkolben zum Durchlaufen der Meßstrecke 1. Der Druckabfall innerhalb dieser Zeitspanne ist vernachlässigbar klein und kaum feststellbar. Die Phase II ist beendet bei Übersteuerung der Seitenöffnung 18 durch den kleinen Kolben 6. Es ist dann der weitere Verbindungs-kanal 17' mit der Drossel 19 wirksam. Es handelt sich hierbei im wesentlichen um eine Phase III konstanten Volumens. Das hinter der Drossel gemessene Druckniveau ist wesentlich kleiner. Der durch die Drossel 19 eingestellte Volumenstrom ist so gewählt, daß die zu testenden Hochdruck-Einspritzventile normalerweise zu schnarren beginnen, d. h. die Ventilnadel tanzt auf ihrem Ventilsitz, wobei der Druck hochfrequent zwischen einer oberen Druckgrenze  $p_u$  (Öffnungsdruck) und einer unteren Druckgrenze  $p_l$  (Schließdruck) schwankt. Durch die Auswerteeinheit 24 und den Druck 39 werden – abgesehen von den diagrammartigen Druckverlaufsaufschreiben gemäß Fig. 3 oder 4 – auch noch die obere und die untere Druckgrenze und die Frequenz des Druckverlaufs innerhalb der Phase III digital ausgegeben.

Bei einwandfreier Ausführung eines Hochdruck-Einspritzventiles zeigt sich ein hochfrequentes Schnarren in der Phase III, wie dies in Fig. 3 erkennbar ist. Die beweglichen Ventilteile sind leichtgängig und dichten gut ab. Demgegenüber zeigt Fig. 4 Druckverläufe von

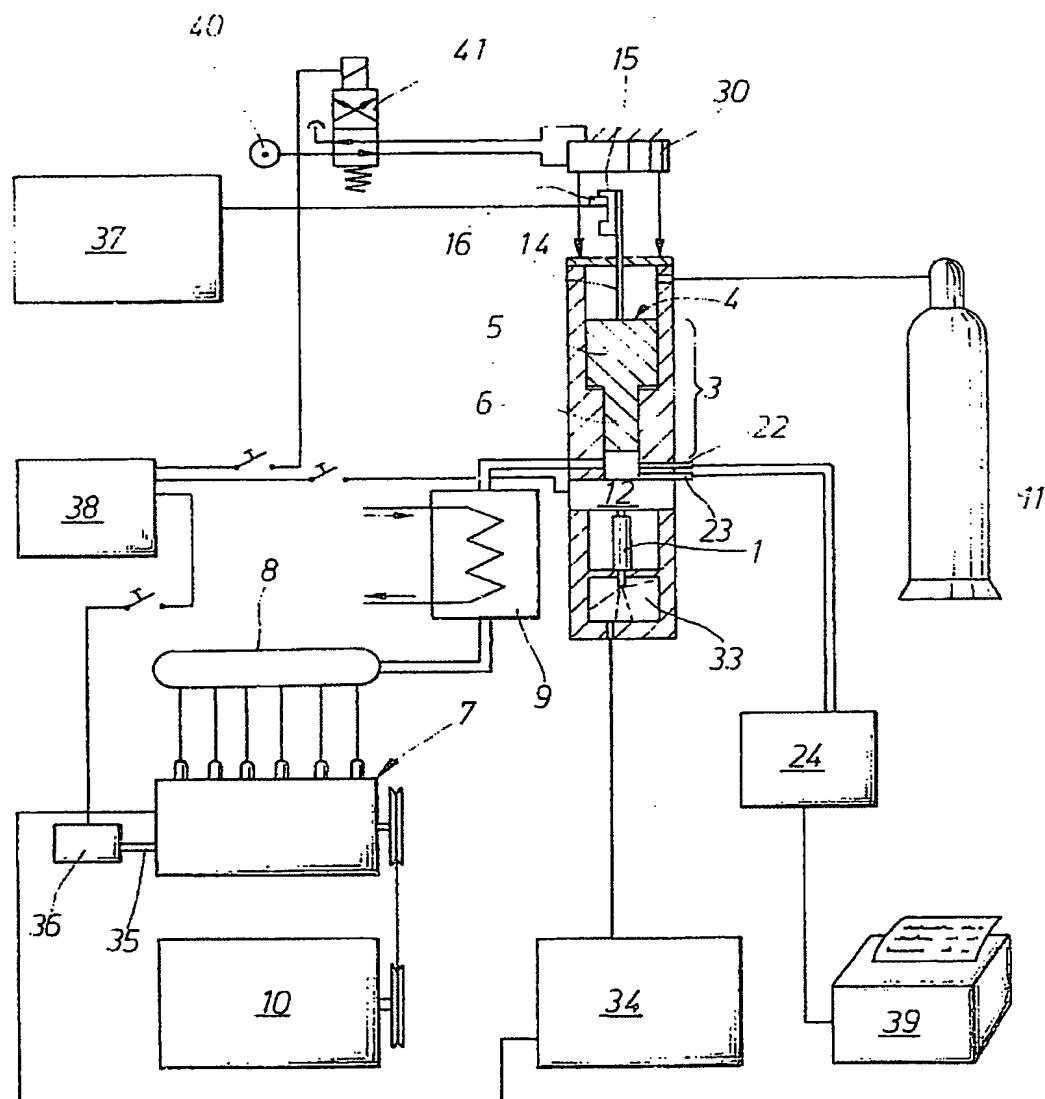
12

schadhaften Ventilen, bei denen die beweglichen Ventilteile schwergängig sind. Zwar kann das Ventil noch zum Schnarren kommen, jedoch ist die Schnarrfrequenz wesentlich geringer oder – bei sehr schwergängiger Ventilnadel – schwankt der Druck überhaupt nicht, sondern bleibt auf dem Niveau der oberen Druckgrenze stehen. Ein unsauberes Abdichten des Hochdruck-Einspritzventiles ist daran erkennbar, daß der Druck nach Beendigung der Phase III nicht auf dem momentanen Niveau stehen bleibt, sondern daß der Druck weiterhin abfällt. Lediglich ein ganz allmäßlicher Druckabfall kann zugestanden werden, der auf unvermeidliche Leckagen an der Ventilnadel und/oder an beweglichen Teilen der Testeinrichtung, die mit dem Testöl in Berührung kommen, zurückzuführen sein kann.

Der Vorteil der hier beschriebenen Testeinrichtung besteht darin, daß sie klein ist, wenig Energie braucht und geräuscharm arbeitet, daß mit ihr gesicherte und reproduzierbar Testergebnisse aufgrund eines relativ lang andauernden Spritzvorganges erzielbar sind, der eine vorherige Füllung des zu testenden Hochdruck-Einspritzventiles entbehrlich macht, und der außerdem einen Schnarrest mit einschließt. Ein Wechsel der zu testenden Hochdruck-Einspritzventile ist rationell und zeitsparend durchführbar, so daß die Vorrichtung auch für die Wareneingangskontrolle verwendbar ist.

Hierzu 3 Blatt Zeichnungen

Fig. 1



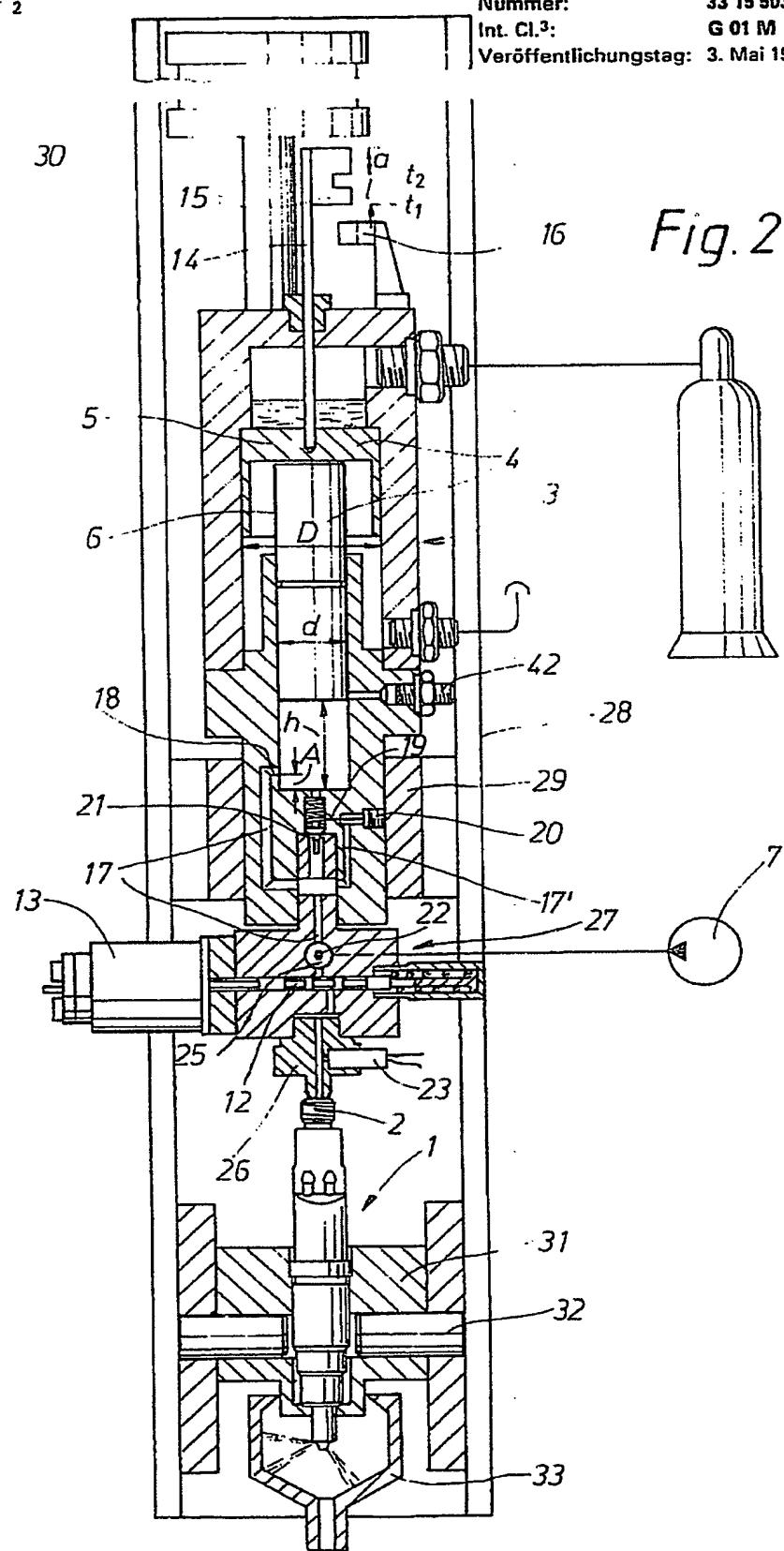


Fig. 2

Fig. 3

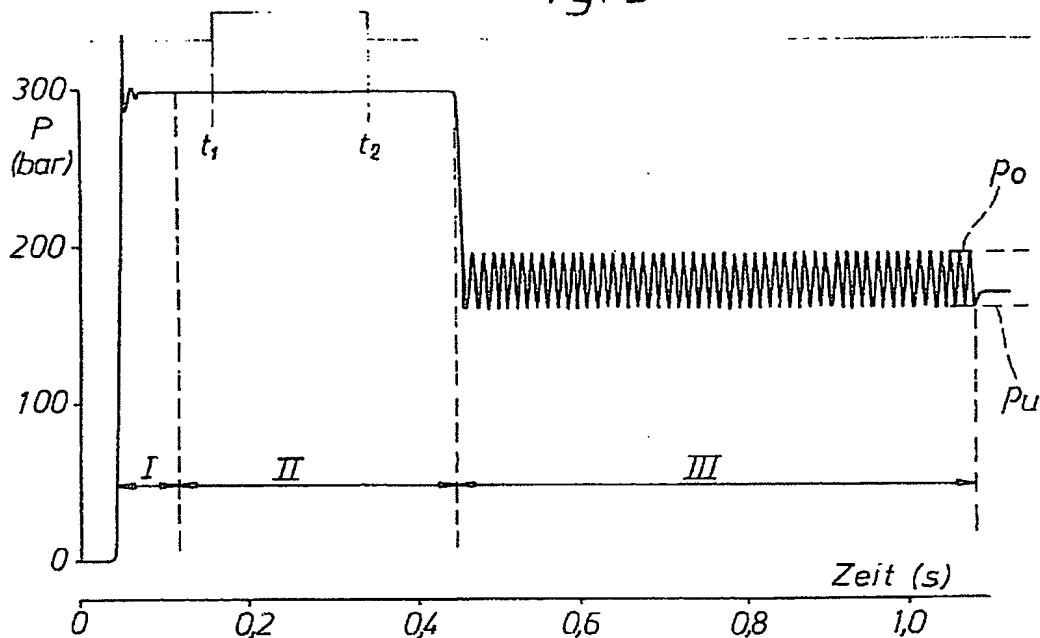


Fig. 4

